

Литература

1. Гончаров, А.А. Совершенствование технологии диагностирования электронных систем управления автомобильных двигателей: автореф. дис. / А.А. Гончаров Оренбург, 2004 – с. 18.
2. Никитин, В.И. Анализ готовности мехатронных систем / В.И. Никитин, В.А. Юдин, А.В. Хайло // Сб. науч. тр. / Харьковский нац. автомобильно-дорожный ун-т. – Харьков, 2008. – № 23. – С. 26–29.
3. Сосновский, С.А. Повышение надежности автомобилей с электронными системами управления / С.А. Сосновский, Е.Л. Савич // Изобретатель. – 2013. – № 7. – С. 41–44.
4. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учеб. для студентов специальности «Техн. эксплуатация автомобилей» / М.М. Болбас [и др.]; под ред. М.М. Болбаса. – Минск: Адукацiя i выхаванне, 2004. – 528 с.
5. Матвеев, В.Ф. Системы массового обслуживания / В.Ф. Матвеев, В.Г. Ушаков. – М.: Издательство МГУ, 1984. – 240 с.
6. Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей Теоретические и практические аспекты: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Малкин. – М., Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

УДК 629.1-4

ЧИСТАЯ АЛЬТЕРНАТИВА. ТРАНСПОРТ «НА ВОЗДУХЕ» FRIENDLY ALTERNATIVE. TRANSPORT «IN THE AIR»

Савич Е.Л., профессор; *Муковозчик М.П.*, магистрант
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

Savich E.L., Professor; *Mukovozchik M.P.*, Undergraduate
(Belarusian National Technical University, Minsk)

Аннотация. Рассматриваются тенденции развития двигателей, работающих на сжатом воздухе и перспективы их применения, с целью снижения загрязнения окружающей среды.

Abstract. *Tendencies of development of engines powered by compressed air, and the prospects for their use in order to reduce environmental pollution.*

Существующая проблема экологической нагрузки транспорта на окружающую среду настолько острая и горячая, что, пожалуй, только инерционность производства углеводородного топлива, его потребления и торговля «сертификатами окружающей среды» оттягивают процесс замены традиционного транспорта на современный экологически чистый или просто на более безвредный транспорт.

Одним из решений улучшения экологических показателей окружающей среды является транспорт, работающий на воздухе, например, с поршневым или роторным пневмодвигателем.

Сама идея применения сжатого воздуха для перемещения транспортных средств была запатентована еще в 1799 году. Транспорт работающий от энергии сжатого воздуха (локомотивы, трамваи, автомобили) появился во второй половине 19-го века наравне с другими видами транспорта. Но присущие ему недостатки: малый запас хода, большие габаритные размеры, высокая энергозатратность наполняющей компрессорной установки, и массовое распространение «бензиновых автомобилей», ограничили его развитие. Схожая участь ждала и популярных в то время электромобилей.

Естественно, как и любой вид транспорта на сегодняшний день, транспорт «на воздухе» не обходится без продуктов от переработки нефти, как в его конструкции, так и при наполнении баллонов воздухом компрессорной станцией (зачастую затрачивается энергия от сжигания углеводородного топлива). Но, это никак не отменяет его преимуществ перед остальными, уже традиционными видами транспорта.

Стоит отметить достижения бывшего инженера Формулы-1, Ги Негре (Guy Negre). Негре основал в 1991 году фирму MDI (Moteur Development International) со штаб-квартирой в Люксембурге [1], которая занимается в последствии разработками не только самих пневмодвигателей, но и серийным выпуском автомобилей в целом (производственные мощности находятся в Бразилии). Двигатель системы CAT's (название Compressed Air Technology systems – «Технологические системы на сжатом воздухе» – зарегистрировано фирмой MDI), применяемый в машинах, использует в качестве рабочего тела сжатый воздух. Пневмодвигатель CAT's работает по особому алгоритму (рисунок 1). Сжатый воздух из ресиверов подается в камеру первого (малого) цилиндра, где сжимается до давления 20 кгс/см² и тем самым нагревается до температуры 400 °С. Далее горячий воздух направляется в камеру второго (большого) цилиндра, в которую под давлением подается холодный сжатый воздух. Общая полученная воздушная смесь резко нагревается и расширяется, повышая давление в большом цилиндре, поршень перемещается и вращает коленчатый вал.

В 2000 году на выставке Auto Africa Expo2000 MDI представила готовый к производству и эксплуатации автомобиль с мотором CAT's мощностью в 25 л.с. В техническом описании указывалось, что он способен на одной заправке проехать около 300 км со скоростью до 130 км/ч или проехать до 10 часов в городе со скоростью до 80 км/ч. Взрывобезопасные баллоны из композитного материала (углеволокно в термопластике, с номинальным давлением до 300 кгс/см²) объемом 300 л с воздухом располагаются под днищем машины. Композитный баллон абсолютно безопасен с

воздухом под давлением. Пневматический автомобиль, массой в 700 кг (причём масса пневмодвигателя всего 35 кг, а масса 3-х баллонов 25 кг), разгоняется до 90 км/ч за 7 секунд. Стоимость поездки в 200 км для владельца, по расчетам MDI должна равняться 30 центам. Рыночная стоимость этой модели была рассчитана на сумму в 10 000 \$.

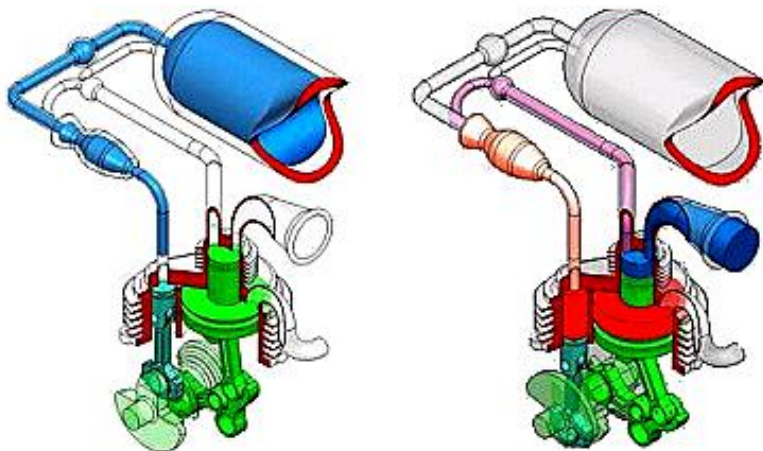


Рисунок 1 – Схема работы двигателя MDI CAT's Zero Pollution

Такие машины способны заправляться воздухом не только на специальных компрессорных станциях (на которых заправка воздухом займёт до 3-х минут). При подключении напряжения 220 В установленный на пневмодвигателе электромотор (он же стартер и генератор, выполненный бесколлекторным вокруг многодискового сцепления) вращает пневмодвигатель в обратную сторону как компрессор, и тот накачивает пустые композитные баллоны за 4 часа.

В настоящее время MDI продолжает серийное производство своих пневмомобилей и предлагает для реализации инвесторам готовые проекты по выпуску пневмотранспорта с полным производственным циклом (небольшие высокодоходные низкоинвестиционные локальные производства). Созданы опытные образцы коммерческих пневмомашин и пневмогенераторов электричества, а также гибридные схемы силового агрегата с применением сжатого воздуха. Пневмогибридные моторы MDI Dual Energy способны дополнительно употреблять небольшое количество топлива (бензин, дизель, спирт, метан). В данном случае применение горючего позволяет повысить температуру воздуха, а значит и его давление, увеличив тем самым мощность мотора. Кроме того, эти моторы позволяют

экономить воздух, а расход горючего составляет всего 2,2 л/100 км (номинальная мощность мотора достигает 75 л.с.). В 2010 году MDI стартовала продажи своих машин и в США [2], была создана дочерняя компания Zero Pollution Motors. На данный момент открыто осуществляется продажа 3-местного микроавтомобиля MDI AirPod. В дальнейших планах MDI – разработка более мощных двигателей (до 200 л.с.) для использования в грузовиках и автобусах.

В Австралии в 2004 году налажен выпуск транспортных средств с пневмодвигателями. Компанией EngineAir [3] под руководством Анджело Ди Пьетро (Angelo Di Pietro) был построен небольшой грузовик с мотором, работающим на сжатом воздухе (спроектированный Ди Пьетро ещё в 70-х). В отличие от разработки французского инженера, пневмодвигатель, которым оснащается этот грузовик (на базе John Deere Gator), роторный.

Мотор представляет собой корпус, внутри которого вращается кольцо, опирающееся на два ролика, установленных на валу эксцентрично (рисунок 2). При помощи специальной системы регулируется распределение воздуха по камерам, образованным лепестками. Таким образом, камеры изменяя свой объем, вращают ротор, а тот передает усилие на колеса. Автор утверждает, что у его двигателя малы механические потери (конструкция последней модификации обладает КПД в 94,5 %). Избыточное давление в 0,07 кгс/см² на входе достаточно, чтобы преодолеть трение в механизме. По словам автора, его машина вдвое эффективнее, чем другие пневмодвигатели. Двигатель Ди Пьетро выдаёт максимальный крутящий момент сразу – даже в неподвижном состоянии и раскручивается до вполне приличных оборотов, так что особой трансмиссии с переменным передаточным числом ему не нужно. Преимущества пневмодвигателя Ди Пьетро: простота конструкции, малые размеры, низкий вес, простота компоновки на транспорте.

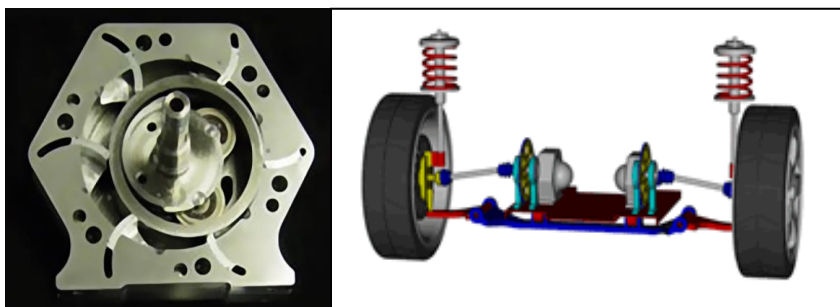


Рисунок 2 – Пневмодвигатель и компоновочная схема ведущих колёс Анджело Ди Пьетро

Гибридные силовые установки различных видов транспорта, как переход от привычных бензиновых и дизельных двигателей к более экономичным и безвредным, постепенно развиваются. Электропневмогибридный автомобиль PNEV (Pneumatic hybrid electric vehicle) запатентован в США (патент № US 7,028,482 B2) и в ЕС (патент № EP1390223) южнокорейской компанией Energin Corporation. Гибридным силовым агрегатом оснастили автомобили на базе DaewooMatiz (3 таких пневмоэлектрогибрида поступили для апробации в службу такси Сеула). Энергия сжатого до 300 кгс/см^2 воздуха используется только в начале движения (причём, за этот промежуток времени подзаряжается батарея), то есть в моменты, когда требуется максимальная отдача в короткий промежуток времени. После того как автомобиль достигает скорости 25 км/ч, бортовой компьютер автоматически переводит пневмогибрид на электрический привод, который получает энергию от аккумуляторной батареи в 48 В. Таким образом, каждый из двигателей в системе PNEV работает максимально эффективно, нейтрализуя недостатки второго. Плюс ко всему при торможении происходит двойная рекуперация энергии: электромотор в режиме генератора аккумулирует электричество в батареях, а соединённый с ним пневмокомпрессор пополняет баллон воздухом.

В мотомире также существуют разработки, работающие на энергии сжатого воздуха. Для лёгких транспортных средств, таких как мотоцикл – преимущества работы на сжатом воздухе особенно важны: манёвренность, запас хода, экологичность, быстрая и дешёвая «зарядка» воздухом. Один минус – пока это ограниченная максимальная скорость. Но для городского скутера EngineAir и мотоцикла эндуро Yamaha WR250R с таким же двигателем Ди Пьетро это не является существенным минусом.

Из разработок применения энергии сжатого воздуха в секторе грузового и пассажирского транспорта также есть современные разработки.

Двигателестроительная компания Scuderi Power (Scuderi Group Inc., США) [4] запатентовала в 2006 году «Воздушный гибридный двигатель с расщеплённым циклом» (RU2424436 C2). Двигатель (Scuderi Split-Cycle Engine) способен работать в нескольких режимах: в режиме двигателя внутреннего сгорания, в режиме воздушного компрессора, в режиме выработки мощности предварительно сжатого воздуха, а также двигатель способен работать в режиме накопления сжатого воздуха. В отработанных газах таких двигателей на 80 % меньше NOx. Такой двигатель предлагается использовать в различных исполнениях: автономный электрогенератор, автономный насос, судовой двигатель, автомобильный двигатель.

Существует другой способ использования сжатого воздуха на транспорте – самый известный это поезда Aeromovel (США) [5]. Эти лёгкие современные поезда не имеют собственного двигателя: между рельсов в специ-

альном канале «поршень-лопасть» поезда движет мощная струя сжатого воздуха от крупных пневмотурбин, расположенных на нескольких участках. Сейчас поезда AeroNovel успешно ходят в аэропорту бразильского города Порто Алегри и в тематическом парке Taman Mini в Джакарте, Индонезия.

Можно представить, как может развиваться транспорт, работающий от энергии сжатого воздуха, в Республике Беларусь, а также в других странах ЕвразЭС. Применяв мировой опыт и технологии, ведущие предприятия страны могут с лёгкостью освоить выпуск: силовых агрегатов (двигателей как пневматических, так и гибридных, автономных генераторов, автономных насосов), мототехники (мотоциклы, мопеды), коммерческих автомобилей (такси, почтовые фургоны, арендные автомобили, служба доставки), частных автомобилей, пассажирского транспорта (трамваи, гибридные троллейбусы, автобусы), грузового транспорта, специального транспорта (шахтный транспорт, транспорт, перевозящий опасные грузы, транспорт в рекреационной зоне, вилочные погрузчики, уборочно-моечные машины).

Для успешного разрешения основной проблемы с запасом хода пневмотранспорта предлагается: реализовать производство стандартных унифицированных пневмобаллонов, пневмотранспорт проектировать с учётом быстрой замены пустых баллонов на заправленные, баллоны заправлять в тёмное время суток за счёт пассивного электричества электростанций, осуществить программу по замене стандартных баллонов пустых на заправленные. Для решения этих задач необходима разработка проекта плана мероприятий по обеспечению производства и использования моторных транспортных средств, работающих от энергии сжатого воздуха, в Республике Беларусь.

В случае успешного развития нового пневмокомпрессорного, а также пневмогибридного транспорта преимуществами станут: обеспечение экологической безопасности (сокращение выбросов загрязняющих веществ до значений близких к нулю, сокращение количества не возобновляемых материалов, использование пассивного электричества электростанций в тёмное время суток для заправки пустых баллонов, улучшение здоровья населения), сокращение себестоимости от 20 до 30 % (за счёт сокращения количества дополнительных систем, необходимых для двигателя внутреннего сгорания), удешевление эксплуатации (высокая надёжность, сокращённые интервалы замены смазочных материалов, сокращение элементов конструкции), уменьшение вероятности самовозгорания и отсутствие опасности взрыва.

Литература

1. Rendement moteur // Moteur Development International [Electronic resource]. – 1991–2014. – Mode of access: <http://www.mdi.lu/2014%20rendement.php/>.

2. Zero Pollution Motors // MDI AIRPod [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <http://zeropollutionmotors.us/>.

3. EngineAir // Breathe Easy with the Di Pietro Motor [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: <http://www.engineair.com.au/>.

4. ScuderGroupInc [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <http://www.scuderengine.com/>.

5. AeromovelInc [Electronic resource]. – 2002. – Mode of access: <http://www.aeromovel.com/>.

УДК 656

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ШЕЕК ВАЛОВ АКТИВИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ
НАПЫЛЕНИЕМ**

**RESEARCH OF MATERIALS FOR THE RESTORATION OF SHAFT
JOURNALS BY ACTIVATED ELECTRIC ARC SPRAYING**

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;

Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Ivashko V., Doctor of Technical Science, Professor;

Buikus K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. *Исследованы триботехнические характеристики материалов для восстановления шеек валов активированным электродуговым напылением.*

Abstract. *The tribological characteristics of materials for the restoration of shaft journals by activated electro arc spraying are researched.*

Введение

Нанесение упрочняющих и восстановительных покрытий из проволочных материалов электродуговым напылением считается наиболее экономически эффективным методом восстановления автомобильных деталей. Использование тепловой энергии электрической дуги для плавления проволочных электродов позволяет внедрять метод на любых предприятиях и мастерских. Для получения электрической дуги можно использовать серийные источники сварочного тока с жесткой вольтамперной характеристикой с диапазоном регулировки напряжения от 22 до 40 В, и номинальным током более 500 А. Практически для распыления компактных проволок диаметром до 2 мм из стали достаточно иметь диапазон регулировки